



中华人民共和国国家标准

GB/T 14914.5—2021

海洋观测规范 第 5 部分：卫星遥感观测

The specification for marine observation—
Part 5: Satellite remote sensing observation

2021-12-31 发布

2022-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 一般规定 2

5 海表温度 2

5.1 数据要求与处理 2

5.2 数据对选择 4

5.3 值域校验 4

5.4 产品制作 4

6 海洋气象要素 4

6.1 大气水汽 4

6.2 海面风场 5

7 海洋动力要素 7

7.1 有效波高(含巨浪) 7

7.2 地转流 8

8 海面高度观测 9

8.1 卫星数据要求与预处理 9

8.2 数据处理 10

8.3 值域校验 10

8.4 产品制作 10

9 海洋自然灾害 10

9.1 海冰 10

9.2 风暴潮漫滩 12

9.3 海雾 13

附录 A (资料性) 遥感反演参考算法 15

A.1 多通道海表温度反演算法 15

A.2 Shepard 插值算法 15

A.3 海面动力高度计算 16

A.4 地转流计算 16

A.5 风场反演算法 17

A.6 大气水汽含量反演算法 18

A.7 无线电探空数据处理流程 18

A.8 白天海雾识别方法 19

A.9 夜晚海雾识别方法 20

附录 B（规范性） 海冰分类与专题图制作 21

 B.1 海冰密集度（参照 WMO 标准） 21

 B.2 海冰类型 21

参考文献 25

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T 14914《海洋观测规范》的第5部分。GB/T 14914 已经发布了以下部分：

- 第1部分：总则；
- 第2部分：海滨观测；
- 第3部分：浮标潜标观测；
- 第4部分：岸基雷达观测；
- 第5部分：卫星遥感观测；
- 第6部分：数据处理与质量控制。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国海洋标准化技术委员会(SAC/TC 283)归口。

本文件起草单位：国家卫星海洋应用中心、自然资源部第一海洋研究所、自然资源部第二海洋研究所、国家海洋标准计量中心。

本文件主要起草人：蒋兴伟、邹亚荣、贾永君、曾韬、黄磊、邹巨洪、张毅、任广波、郝增周、奚萌、袁玲玲。

引 言

随着海洋观测技术的发展,我国的观测手段由传统的海滨观测,逐步发展到浮标潜标观测、雷达观测、航空观测和卫星遥感观测等多种观测手段,初步形成了星-空-地一体的海洋立体观测网。为适应海洋观测发展的需求,规范海洋观测活动,贯彻《海洋观测预报管理条例》(国务院 615 号令),将《海滨观测规范》(GB/T 14914—2006)修订为《海洋观测规范》。《海洋观测规范》包括总则、海滨观测、浮标潜标观测、岸基雷达观测、卫星遥感观测、数据处理和质量控制,其中海滨观测为修订部分,其余 5 个部分为新增部分。

GB/T 14914《海洋观测规范》拟由 6 个部分组成。

- 第 1 部分:总则。目的在于规定海洋观测的观测原则、观测内容、质量控制等。
- 第 2 部分:海滨观测。目的在于规定海滨观测的项目及时次、技术要求等。
- 第 3 部分:浮标潜标观测。目的在于规定浮标、海洋潜标和表层漂流浮标等观测项目等方面的技术要求。
- 第 4 部分:岸基雷达观测。目的在于规定岸基雷达观测的观测项目及时次、一般规定、观测方法及要求、资料处理和电磁辐射防护等内容。
- 第 5 部分:卫星遥感观测。目的在于规定海表温度、海洋气象要素、海洋动力要素、海洋自然灾害、海面高度的观测内容和方法。
- 第 6 部分:数据处理与质量控制。目的在于规定海滨、浮标、岸基雷达和卫星遥感等观测数据处理和质量控制的一般要求、流程、内容和方法等。

GB/T 14914.5 是利用遥感技术开展海洋环境要素的观测。针对海洋观测——卫星遥感观测需求,总结多年卫星遥感观测海洋环境经验,为提高相关行业卫星遥感海洋观测应用规范化,并更好地发挥卫星遥感技术在防灾减灾和生态保护等领域的作用,特制定本文件。

海洋观测规范

第5部分：卫星遥感观测

1 范围

本文件规定了海表温度、海洋气象要素、海洋动力要素、海面高度、海洋自然灾害的卫星遥感观测内容与方法。

本文件适用于我国海洋卫星观测领域相应要素的业务化观测和防灾减灾工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 35223—2017 地面气象观测规范 气象能见度

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

海面高度 sea surface height; SSH

海表面相对于参考椭球面的距离。

3.2

雷达高度计 radar altimeter

通过向海面垂直发射尖脉冲，并接收返回脉冲的信号的遥感传感器。

注：星载高度计系统包括星下点指向雷达、定轨系统、数据处理系统等。根据雷达发射和接收脉冲的时间间隔可以确定卫星到海面的距离；根据返回脉冲的波形可以确定有效波高和海面风速。

3.3

有效波高 significant wave height

实际波高按一定规则统计的值。一定观测范围，某时间段内，计算前 1/3 大波的平均值。

注：海面波浪由各种不同波高、不同周期、不同传播方向的多种波的无规则组合，因此一个波浪的波高值不具有代表性。有效波高计算一段时间内的 1/3 大波的平均值。

3.4

微波散射计 microwave scatterometer

用于测量面（或）体散射特性的雷达，专门为测量海面风场而设计的一种后向散射雷达。

注：微波散射计通过测量经海面风场调制的面后向散射系数可间接测量海面风矢量。使用卫星携带的散射计可获得全天候、高分辨率的全球海洋近表面风资料。

3.5

海面风场 sea surface wind fields

海面风矢量的空间分布。

注：通常情况下，遥感所得海面风场定义为海面 10 m 高处的风速与风向，风速单位为米每秒(m/s)，风向单位为度(°)，海洋学定义正北方向为 0°，沿顺时针方向增大。

3.6

微波辐射计 microwave radiometer

测量地球表面和大气辐射的被动遥感传感器。

3.7

海表温度 sea surface temperature; SST

海面表层海水冷热程度的物理量。

注：海水表面到 0.5 m 深处之间的海水温度。卫星遥感反演海温为海面表层温度，一般用符号 SST 表示。

3.8

地转流 geostrophic current

忽略海面风和海水湍动摩擦力作用，由海水密度分布不均匀所产生的水平压强梯度力与水平地转偏向力平衡时的海流。

3.9

大气水汽 atmospheric water vapor

大气柱中垂直积分总气态水含量。

注：区别于气象中的相对湿度，表示大气中水汽的含量而不是大气中能包含的最大水汽量。当以线性单位测量时，它是水汽液化后均匀分布在单位大气柱中的高度(毫米 mm)，当以密度单位表示时，它是单位面积内从地球表面到大气顶层垂直柱中水蒸气的质量。

3.10

海冰 sea ice

所有在海上出现的冰通称海冰，除由海水直接冻结而成的冰外，它还包括来源于陆地的河冰、湖冰和冰川冰。

[来源：GB/T 19721.3—2017, 3.1]

3.11

漫滩 storm surge inundation

风暴潮过程淹没海岸线以上陆地。

3.12

海雾 sea fog

海洋上低层大气中的一种水汽凝结或凝华现象，大量微小水滴或冰晶悬浮于近地面大气中且常呈乳白色，海面水平能见度小于 1.0 km。

4 一般规定

观测人员应掌握海洋遥感观测所需的专业基础知识、常用遥感软件使用及仪器设备操作技能。

5 海表温度

5.1 数据要求与处理

5.1.1 现场数据要求与处理

主要对现场数据的处理，主要内容为：

- a) 利用装载在调查船、商船或其他船只上的测温仪器(走航温盐仪、CTD 等)对海表温度进行观测；
- b) 利用海洋资料浮标和漂流浮标对海表温度进行观测；

- c) 现场数据应完备,能够采用常用软件正常读取;
- d) 现场实测数据采用 HDF(Hierarchical Data Format)数据格式或 NetCDF (network Common Data Form)数据格式存储,可为遥感观测所用;
- e) 读取现场实测数据中的时间、经度、纬度、标志信息、海表温度计数值;
- f) 剔除现场实测数据中包括质量标识差、时间不合法、经纬度超出范围等的无效数据;
- g) 根据海表温度计数值、比例尺和偏移量计算海表温度。

5.1.2 卫星数据与预处理

5.1.2.1 红外辐射计海表温度数据

采用红外辐射计提取海温信息,目前常用的国内外卫星及传感器见表 1。

表 1 常用的红外辐射计国内外卫星及传感器

卫星名称	传感器
Terra/Aqua	MODIS(MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer)
NOAA 系列	AVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer)
HY-1 系列	COCTS(Chinese Ocean Color and Temperature Scanner)
Suomi NPP	VIIRS(Visible infrared Imaging Radiometer)
FY-3 系列	中分辨率成像光谱仪
AATSR	先进的跟踪扫描辐射计

红外遥感在无云的状态下能够提供可靠的全球海表温度数据,不受太阳高度角和海面风速的影响,但它受云、气溶胶和水汽影响显著。算法见附录 A 中的 A.1。

主要观测步骤:

- a) 观测频次:每日 1~2 次;
- b) 赤道空间分辨率为 1 km、4 km 或 9 km $[(1/96)^\circ$ 、 $(1/24)^\circ$ 或 $(1/12)^\circ$];
- c) 星载红外辐射计 L2 级沿轨数据,数据完备,能够正常读取;
- d) 星载红外辐射计数据采用 HDF 数据格式或 NetCDF 数据格式存储;
- e) 读取星载红外辐射计 L2 级数据中的时间、经度、纬度、标志信息、空间分辨率、海表温度计数值、比例尺和偏移量;
- f) 根据标志信息剔除受云、气溶胶和降雨影响的观测点;
- g) 根据现场海表温度计数值、比例尺和偏移量计算海表温度。

5.1.2.2 微波辐射计海表温度数据

采用微波辐射计提取海温信息,目前常用的国内外卫星及传感器见表 2。

表 2 常用的微波辐射计国内外卫星及传感器

卫星名称	传感器
GCOM-W1	AMSR2(Advanced Microwave Scanning Radiometer 2)
Coriolis	WindSat
HY-2 系列	扫描微波辐射计
FY-3 系列	微波成像仪

主要观测步骤为:

- a) 观测频次:每日 1~2 次;
- b) 赤道空间分辨率为 $25\text{ km}[(1/4)^\circ]$;
- c) 星载微波辐射计 L2 级沿轨数据,数据完备,能够正常读取;
- d) 星载微波辐射计数据采用 HDF 数据格式或 NetCDF 数据格式存储;
- e) 读取星载微波辐射计 L2 级数据中的时间、经度、纬度、标志信息、空间分辨率、海表温度计数值、比例尺和偏移量;
- f) 根据标志信息剔除受陆地降雨和海冰影响的观测点;
- g) 根据现场海表温度计数值、比例尺和偏移量计算海表温度。

5.2 数据对选择

建模的数据量是选取符合数据匹配时间窗为 3 h,红外辐射计数据距离窗为 1 km、4 km 或 9 km $[(1/96)^\circ, (1/24)^\circ \text{ 或 } (1/12)^\circ]$,微波辐射计数据距离窗为 $25\text{ km}[(1/4)^\circ]$ 的所有数据对。

5.3 值域校验

以船测和浮标观测等实测海表温度数据为参考,对辐射计海表温度产品进行检验。数据匹配时间窗为 3 h,红外辐射计数据距离窗为 1 km、4 km 或 9 km $[(1/96)^\circ, (1/24)^\circ \text{ 或 } (1/12)^\circ]$;微波辐射计数据匹配时间窗为 0.5 h,距离窗为 $50\text{ km}(1/2)^\circ$,计算辐射计数据与实测数据海表温度均方根误差。

海表温度范围为 $-2.5\text{ }^\circ\text{C} < \text{SST} < 40\text{ }^\circ\text{C}$ 。辐射计数据与实测数据海表温度均方根误差应小于 $1.0\text{ }^\circ\text{C}$ 。

5.4 产品制作

5.4.1 数据集

数据集为 HDF 或 NC 格式,文件命名参考海洋卫星地面系统 L2B 级数据产品命名规则,数据内容包括头文件和数据。

5.4.2 专题图

专题图存储为通用标准 jpg 或 bmp 格式。通过线性插值对海面温度数据进行网格化处理;海表温度数据产品要求具有一定的自描述性,说明文件应对海表温度的空间分辨率、卫星名称、传感器名称、轨道编号等信息进行描述,数据文件应包含分辨单元的经纬度、时间、原始数据质量标识、海表温度产品质量标识等信息。

利用软件绘制逐日、周、月、季和年平均海表温度分布图并添加标题,图中应有卫星、传感器、陆地掩膜、时间、经纬度坐标、色标、单位等信息。

6 海洋气象要素

6.1 大气水汽

6.1.1 卫星数据要求与处理

卫星数据处理要求内容为:

- a) 每日不少于一次观测;
- b) 分辨率优于 100 km ;
- c) 星载微波辐射计(HY-2、CMR、SSMI、TMI、AMSR2 等)L2 级沿轨数据,数据完备,能够正常读取;

- d) 星载微波辐射计数据采用 HDF 数据格式存储;
- e) 现场调查资料(探空气球)。

6.1.2 观测方法与数据处理

- 星载微波辐射计大气水汽含量数据产品为 L2 级产品,观测频次每日不少于一次。观测步骤为:
- a) 读取星载微波辐射计 L2 级 HDF 数据中的时间、经度、纬度、标志信息、大气水汽含量计数值、比例因子和偏移量;
 - b) 根据标志信息剔除受陆地影响、降雨影响、海冰影响载荷和定标、反演等质量标识的观测点;选取 L2 级数据中的陆地标识、降雨标识和海冰标识,在同一观测面元,三者同时有效时,此观测面元的数据可用,一项及以上为 1,则剔除此点观测;
 - c) 根据产品中海上大气水汽含量的范围、计数值和偏移量按式(1)计算大气水汽含量:
$$\text{大气水汽含量} = \text{计数值} \times \text{比例因子} + \text{偏移量} \dots\dots\dots (1)$$

6.1.3 值域校验

大气水汽含量反演的结果与现场探空气球观测结果进行对比分析,以现场实测探空数据为参考,对大气水汽含量产品进行检验。数据匹配时间窗为小于 1 h,距离窗为小于 50 km,依据不同分辨率的载荷不同,剔除离岸距离一个像元以上的数据,计算大气水汽含量的均方根误差。利用现场观测数据与卫星观测数据进行比对计算均方根误差,微波辐射计观测大气水汽含量精度优于 2 kg/m²,大气水汽含量有效观测范围为 0 kg/m²~70 kg/m²。

6.1.4 产品制作

6.1.4.1 数据集

数据集为 HDF 或 NC 格式,文件命名参考海洋卫星地面系统微波扫描辐射计 L2B 级数据产品命名规则,数据内容包括头文件和数据。

6.1.4.2 专题图

专题图存储为通用标准 jpg 或 bmp 格式。通过双线性插值对数据集进行网格化处理,网格分辨率不小于 25 km;数据产品要求具有一定的自描述性,说明文件应对空间分辨率、卫星名称、传感器名称、轨道编号等信息进行描述;利用软件绘制大气水汽含量日平均、周平均、月平均和年平均分布图;大气水汽含量专题图显示范围为 0 kg/m²~70 kg/m²。

6.2 海面风场

6.2.1 数据要求与预处理

6.2.1.1 现场数据要求与处理

海面风场现场观测数据主要包括船测数据和浮标数据。

- a) 船测数据
由船载气象站等设备观测到的海面风速与风向数据,要求转换到海面 10 m 高风速与风向。转换公式为式(2):

$$W_s(10) = [\ln(10/z_0)/\ln(z_m/z_0)] \times W_s(z_m) \dots\dots\dots (2)$$

式中:
 z_0 ——常数,取值 1.52×10^{-4} m;

z_m ——风速测量的高度,单位为米(m);
 $W_s(10)$ ——10 m 高风速,单位为米每秒(m/s);
 $W_s(z_m)$ —— z_m 高度测得的风速,单位为米每秒(m/s)。

b) 浮标数据

由浮标观测到的海面风速与风向数据,要求转换到海面 10 m 高风速与风向,转换方式与船测转换方式相同。

6.2.1.2 卫星数据与预处理

6.2.1.2.1 微波散射计

海面风场反演常用卫星微波散射计(见表 3),主要包括 HY-2 散射计 L2B 级数据产品和 ASCAT 散射计 L2 级数据产品,空间分辨率为 25 km×25 km,提供频次不少于 1 次/d。

主要观测要求为:

- a) HY-2 散射计采用 L2B 级数据产品,HDF5 格式,ASCAT 散射计 L2 级数据产品,NetCDF 格式;
- b) 空间分辨率为 25 km×25 km;
- c) 海面风速:均方根误差优于 2 m/s;风向:均方根误差优于 20°;
- d) 海面风场提供频次不少于 1 次/d。

表 3 常用卫星微波散射计表

序号	卫星名称	传感器名	发射时间	分辨率	刈幅宽度	观测频次
1	HY-2A	HSCAT	2011.08	25 km	1 700 km	≥1 次/d
2	HY-2B	HSCAT	2018.10	25 km	1 700 km	≥1 次/d
3	METOP-A	ASCAT	2006.10	25 km	500 km×2	≥1 次/d
4	METOP-B	ASCAT	2012.09	25 km	500 km×2	≥1 次/d
5	ScatSat-1	OSCAT-2	2016.09	25 km	1 840 km	2 次/d
6	CFOSAT	CSCAT	2019.10	12.5 km	1 000 km	≥1 次/d

6.2.1.2.2 合成孔径雷达(Synthetic Aperture Radar,SAR)

主要精度指标为:

- a) 空间分辨率:1 km~5 km;
- b) 海面风速精度:优于 2 m/s;
- c) 海面风向精度:优于 20°;
- d) 入射角在 20°~50°之间。

6.2.2 观测方法和数据处理

6.2.2.1 散射计

微波散射计海面风场数据处理将沿轨存储的微波散射计数据产品经过网格化、时空统计和风场分布图制作等处理,生成网格化的海面风场数据产品日、周、月、季、半年和年平均结果和风场分布图等,主要流程如下。

a) 网格化处理

通过时空插值方法对沿轨海面风场数据进行网格化处理,得到 25 km×25 km 网格化风场

数据。

b) 提取结果统计

基于时间序列提取结果,利用统计平均方法计算出风场的日、周、月、季、半年和年平均结果。

c) 制作风场分布图

利用绘图软件绘制风场的日、周、月、季、半年和年平均结果,绘制包含 16 个风向玫瑰统计图。

6.2.2.2 合成孔径雷达(SAR)

基于 SAR 影像数据进行海面风场反演的基本流程,具体如下。

a) 数据预处理

对 SAR 影像进行几何纠正、噪声抑制、辐射定标、利用海陆掩膜数据,将影像中的陆地和海洋区分开来等处理。

b) 风场反演

根据地球物理模型函数,利用风场单元的初始风向、观测方位角、入射角等信息,以风速为变量,获取与风场单元的 NRCS 最接近的模型值,此时的风速即为反演结果,见 A.5。

6.2.3 值域校验

风场反演的结果与其他风场数据源进行对比分析,主要包括微波散射计风场,浮标观测风场以及数值预报模式风场,在一定的时间和空间窗口内将 SAR 反演风场与上述三种风场的配对。与微波散射计观测风场和数值预报模式风场配对时应尽可能选择时间差较小的数据(小于 3 h),与浮标数据配对时,取时间匹配窗口为 30 min,空间匹配窗口为 25 km,即当 SAR 测量时间与浮标测量时间小于或等于 30 min,空间距离小于或等于 25 km 时,则认为 SAR 与浮标测量结果为同步观测。在此基础上验证风场反演结果的正确性,计算 SAR 风场产品风速均方根误差,给出风场反演的精度。

6.2.4 产品制作

6.2.4.1 数据集

散射计数据集为 HDF 或 NC 格式,文件命名参考海洋卫星地面系统散射计 L2B 级数据产品命名规则,数据内容包括头文件和数据。

SAR 数据集为几何纠正数据。文件命名参考高分三号卫星 2 级产品命名规则,数据内容包括头文件和数据。

6.2.4.2 专题图

专题图存储为通用标准 jpg 或 bmp 格式。根据风场反演的结果,绘制海面风场产品图,用箭头的方向表示风向,用分辨单元的颜色差异来表示风速大小,配以色度条标识风速以便对照。

SAR 海面风场产品要求具有一定的自描述性,说明文件对海面风场的空间分辨率、卫星名称、传感器名称、轨道编号等信息进行描述,数据文件本身应包含海面分辨单元的经纬度、风速、风向、原始数据质量标识、风场产品质量标识等信息。

7 海洋动力要素

7.1 有效波高(含巨浪)

7.1.1 卫星数据要求

获取卫星雷达高度计二级 GDR(Geophysical Data Record,地球物理资料)数据产品。

卫星数据要求如下：

- a) 星载卫星雷达高度计 L2 级 GDR 沿轨数据,数据完备,能够正常读取;
- b) 星载卫星雷达高度计数据采用 NetCDF 数据存储格式;
- c) 融合产品需要获取现场调查资料(船测和浮标等)。

7.1.2 数据读取

读取卫星雷达高度计二级 GDR 数据产品中时间、经度、纬度、有效波高等信息。

7.1.3 值域校验

读取数据产品中的标记位、校正项及数据编辑标准对数据进行检验。

有效波高检验方法: $0\text{ mm} < \text{有效波高} < 12\text{ m}$ 范围内有效。

巨浪检验方法: $4\ 000\text{ mm} < \text{swh_ku} < 6\ 000\text{ mm}$ 。

7.1.4 产品制作

7.1.4.1 数据集

星雷达高度计二级 GDR 数据。

7.1.4.2 专题图

利用网格化算法,生成网格化海面波高数据,并利用软件绘制波高分布图。

通过 Shepard 算法将有效波高数据进行网格化处理。网格分辨率优于 $20'$ (统一单位)。Shepard 插值算法见 A.2。

利用软件绘制波高、巨浪日平均、周平均、月平均和年平均分布图。

7.2 地转流

7.2.1 数据要求与预处理

获取卫星雷达高度计二级 GDR 数据产品。数据要求如下：

- a) 星载卫星雷达高度计 L2 级 GDR 沿轨数据,数据完备,能够正常读取;
- b) 星载卫星雷达高度计数据采用 NetCDF 数据存储格式;
- c) 海表面地转流计算,计算公式见 A.4。

7.2.2 数据读取

读取卫星雷达高度计 L2 级 GDR 数据中的时间、经度、纬度、轨道高度、高度计测距及测距修正量等信息。

7.2.3 值域校验

读取数据产品中的标记位、校正项及数据编辑标准对数据进行检验。检验方法如下：

- a) $0\text{ mm} < \text{测距均方根误差} < 200\text{ mm}$;
- b) $-130\ 000\text{ mm} < \text{轨道高度与卫星测距的差} < 100\ 000\text{ mm}$;
- c) $-2\ 500\text{ mm} < \text{干对流层校正} < -1\ 900\text{ mm}$;
- d) $-500\text{ mm} < \text{湿对流层校正} < -1\text{ mm}$;
- e) $-400\text{ mm} < \text{电离层校正} < 40\text{ mm}$;
- f) $-500\text{ mm} < \text{海况偏差} < 0\text{ mm}$;

- g) $-5\,000\text{ mm} < \text{海洋潮汐} < +5\,000\text{ mm}$;
- h) $-1\,000\text{ mm} < \text{固体地球潮} < +1\,000\text{ mm}$;
- i) $-150\text{ mm} < \text{极潮} < +150\text{ mm}$;
- j) $0\text{ mm} < \text{有效波高} < 11\,000\text{ mm}$;
- k) $7\text{ dB} < \text{后向散射系数} < 30\text{ dB}$;
- l) $0\text{ m/s} < 10\text{ m 高海面风速} < 30\text{ m/s}$;
- m) $-0.2^\circ < \text{偏离星下点指向角} < 0.64^\circ$;
- n) 后向散射系数均方根误差 $< 1.0\text{ dB}$;
- o) 后向散射系数有效测量个数 > 10 ;
- p) 地表面类型为海洋、湖泊或封闭海: $\text{surface_type}=0$ 或 1 ;
- q) 非降雨条件下观测数据: $\text{rain_flag}=0$;
- r) 非冰上观测数据: $\text{ice_flag}=0$;
- s) 海面高度 SSH: $-140.000\text{ m} < \text{SSH} < 100.000\text{ m}$;
- t) Ku 波段 20 Hz 测距标准偏差: $\text{range_rms_ku} \leq 0.2\text{ m}$;
- u) Ku 波段 20 Hz 测距可用观测点数 $\text{range_numval_ku} \geq 10$;
- v) Ku 波段有效波高 $\text{sw_ku} \leq 11\text{ m}$;
- w) Ku 波段后向散射系数 $7 \leq \text{sig0_ku} \leq 30\text{ dB}$;
- x) 对流层干分量校正: $-2.500\text{ m} \leq \text{model_dry_tropo_corr} \leq -1.900\text{ m}$;
- y) 对流层湿分量微波辐射计校正: $-0.500\text{ m} \leq \text{rad_wet_tropo_corr} \leq -0.001\text{ m}$;
- z) 电离层校正: $-0.400\text{ m} \leq \text{iono_corr_alt_ku} \leq -0.040\text{ m}$;
- aa) 逆压校正: $-2.000\text{ m} \leq \text{inv_bar_corr} \leq 2.000\text{ m}$;
- bb) 海况偏差校正: $-0.500\text{ m} \leq \text{sea_state_bias_ku} \leq 0\text{ m}$;
- cc) 海洋潮汐高度: $-5.000\text{ m} \leq \text{ocean_tide_sol1} \leq 5.000\text{ m}$;
- dd) 固体地球潮高度: $-1.000\text{ m} \leq \text{solid_earth_tide} \leq 1.000\text{ m}$;
- ee) 极潮高度: $-0.150\text{ m} \leq \text{pole_tide} \leq 0.150\text{ m}$ 。

7.2.4 产品制作

7.2.4.1 数据集

卫星雷达高度计二级 GDR 数据。

7.2.4.2 产品制作

基于网格化方法建立统一绝对动力地形网格化数据,利用地转平衡关系和流体静力平衡关系计算海流数据。

雷达高度计每一观测点海面动力地形 H_d 可根据其直接观测量和相关模型计算得到。具体计算参见 A.3。

基于时空客观分析法和反距离加权法分别开展卫星高度计海面动力地形融合。

8 海面高度观测

8.1 卫星数据要求与预处理

获取卫星雷达高度计二级 GDR 数据产品。

数据要求为：

- a) 星载卫星雷达高度计 L2 级 GDR 沿轨数据,数据完备,能够正常读取；
- b) 星载卫星雷达高度计数据采用 NetCDF 数据存储格式。

8.2 数据处理

读取卫星雷达高度计 L2 级 GDR 数据中的时间、经度、纬度、测距值、轨道高度值及各测距修正量等信息。

利用卫星雷达高度计测距及大气干对流层、大气湿对流层、电离层、海况偏差等修正项计算海面高度数据。基于网格化方法,计算得到统一参考面下的网格化海面高度。

处理步骤为：

- a) 雷达高度计每一观测点海面高度 SSH 可根据其直接观测量和相关模型计算得到[见式(3)]：

$$SSH = S - R + \sum e_i \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

S ——轨道高度；

R ——高度计测量距离；

e_i ——不同的测距修正量。

- b) 基于时空客观分析法和反距离加权法分别开展卫星高度计海面高度融合。

8.3 值域校验

读取数据产品中的标记位、校正项及数据编辑标准对数据进行检验。值域校验见 7.2.3。

8.4 产品制作

利用有效的网格化算法,生成网格化巨浪数据,并利用软件绘制波高分布图。

主要绘制步骤如下：

- a) 通过 Shepard 算法将有效波高数据进行网格化处理。网格分辨率不小于 $20'$ 。Shepard 插值算法见 A.2。
- b) 利用软件绘制巨浪日平均、周平均、月平均和年平均分布图。

9 海洋自然灾害

9.1 海冰

9.1.1 现场数据要求与预处理

具体的要求与内容为：

- a) 海冰现场观测数据主要包括人工观测及岸基雷达数据；
- b) 对现场观测数据要求记录海冰类型、海冰厚度、海冰密集度及观测点的时间和位置。

9.1.2 卫星数据要求与预处理

对所获取的卫星数据分辨率、产品级别、获取频次及定位精度要求分别如下：

- a) 分辨率:优于 1 km ；
- b) 产品级别:经辐射校正和地理校正后的卫星数据产品；
- c) 频次:每日 1 次；
- d) 定位精度:小于 2 个像素。

9.1.3 海冰信息提取算法

9.1.3.1 基于光学卫星数据

采用不同的方法进行海冰信息提取。

- a) 目视解译法
根据自定义的区域大小,进行海冰密集度和类型判读,参考标准见附录 B。
- b) 像元统计法
适用范围:分辨率较高(<100 m)卫星遥感资料。
依据冰水在可见光波段的光谱特征,设置阈值区分海冰和海水,将区分得到的冰水结果,投影到规定的格网区域,统计每个格网区域的海冰像元所占比例,获得密集度信息。
- c) 临界值算法
适用范围:分辨率较低(250 m~1 000 m)卫星遥感资料。
分辨率较低卫星一般包含纯冰像元、纯水像元和冰水混合像元,设某个冰水混合区域像元所对应区域的密集度为 C,计算见式(4):

$$C = \left[\frac{A - A_w}{A_i - A_w} \right] \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中:
A ——像元反射率值;
A_i ——纯冰的反射率值;
A_w ——纯水的反射率值。

9.1.3.2 基于合成孔径雷达(SAR)数据

采用不同的方法进行海冰信息提取。

- a) 目视解译法
根据自定义的区域大小,进行海冰密集度和类型判读,参考标准见 B.1、B.2。
- b) 像元统计法
利用多极化数据中同极化数据的比值(VV/HH),可有效区分海冰和海水,将区分得到的海冰和海水结果,投影到规定的格网区域,统计每个格网区域的海冰像元所占比例,获得密集度结果。

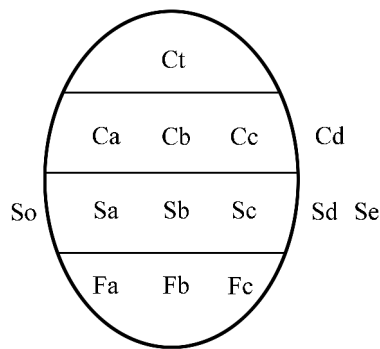
9.1.4 分布范围

依据海冰影像特征,利用地理信息系统软件绘制海冰覆盖区域,并利用地理信息统计功能获取海冰分布范围。

9.1.5 冰情图

以海冰影像为背景,利用地理信息系统软件将海冰按不同纹理特征划分成若干区域,分别依照附录 B 判读指定区域中的海冰密集度、海冰类型。

冰情编码格式:
参考格式 1:Ct/(Ca Cb Cc)Cd/So(Sa Sb Sc)Sd Se/Fa Fb Fc
参考格式 2:Ct/Ca Cb Cc/Sa Sb Sc/Fa Fb Fc
参考格式 3:



C:海冰密集度

S:海冰发展阶段

F:海冰冰型尺度

编码格式中各符号含义:

Ct:海冰总体密集度;Ca:厚海冰(Sa)密集度;Cb:较厚海冰(Sb)密集度;Cc:薄海冰(Sc)密集度;Cd:较薄海冰(Sd)密集度。具体取值见 B.2。

So:最厚海冰阶段/类型;Sa:厚海冰阶段/类型;Sb:较厚海冰阶段/类型;Sc:薄海冰阶段/类型;Sd/Se:较薄海冰阶段/类型。具体编码见 B.2。

Fa、Fb、Fc 分别对应 Sa、Sb、Sc 海冰阶段的冰型尺度大小,具体编码见 B.2。

9.1.6 检验

海冰密集度及海冰类型的验证利用现场观测手段获取的海冰参数进行对比验证,海冰外缘线的验证采用相近时段获取的其他卫星数据进行交叉验证。

9.1.7 产品制作

9.1.7.1 数据集

光学与 SAR 遥感数据集为 Tiff 格式,文件命名参考海冰遥感监测产品命名规则,数据内容包括头文件和数据。

9.1.7.2 专题图

专题图存储为通用标准 jpg 或 bmp 格式。利用地理信息系统软件导入海冰密集度信息、海冰覆盖区域图及海冰冰情解译信息分别叠加基础地理背景信息后,经效果渲染、图幅整饰后导出海冰密集度、海冰覆盖范围和海冰冰情专题图。专题图要求给出专题图标题、基础地理信息及海冰专题要素图示图例、卫星数据来源、卫星成像时间、坐标系、制作单位等信息。

9.2 风暴潮漫滩

9.2.1 数据要求与预处理

按以下方式对卫星遥感图像与现场观测数据进行处理:

- 利用卫星遥感图像数据开展风暴潮漫滩监测,包括高分辨率光学卫星遥感图像、中分辨率光学卫星遥感图像和合成孔径雷达(SAR)遥感图像数据,数据量宜覆盖整个监测区域,数据能够正常读取;
- 遥感图像正射校正中误差不超过 2 个像素;
- 高分辨率光学卫星遥感图像空间分辨率宜优于 5 m,中分辨率光学卫星遥感图像数据空间分

分辨率宜选取在 5 m~30 m 范围内,SAR 遥感图像数据空间分辨率宜选取在 3 m~50 m 范围内;

- d) 卫星遥感图像数据格式采用 Geotiff 或者通用遥感影像处理软件可以读取的格式;
- e) 现场调查资料,包括风暴潮漫滩现场踏勘验证资料和沿岸视频监视资料;
- f) 调查监测区的大比例尺基础地理底图和土地覆盖/土地利用专题图。

9.2.2 观测方法和数据处理

基于遥感技术提取风暴潮漫滩范围,具体要求如下:

- a) 开展遥感图像数据的正射校正和镶嵌处理;
- b) 开展多光谱和全色遥感图像的融合,必要时开展光学图像和 SAR 图像的融合;
- c) 基于高分辨率光学和 SAR 图像数据,利用地理信息系统软件人机交互提取风暴潮漫滩范围;
- d) 应用多时相遥感图像,分析风暴潮前后海岸带地物的变化,为灾害损失评估和救灾工作部署提供基础地理资料。

9.2.3 检验

应用现场踏勘和视频资料进行风暴潮漫滩范围卫星遥感提取精度检验,以验证样区提取正确的像元数量占验证样区像元总数的百分比作为提取精度。

9.2.4 质量控制

对原始数据、处理数据等开展质量检查,包括:

- a) 原始遥感图像应包括卫星名称、传感器类型、覆盖范围、时相、云判等级等信息;
- b) 正射校正产品应包括数学基础、空间分辨率、定位精度等信息;
- c) 镶嵌图像产品应包括接边精度、空间分辨率、色彩一致性等信息;
- d) 开展数据完整性、一致性、正确性、歧义性检查;
- e) 开展规范性审查,包括文件名、数据格式、元数据等信息。

9.2.5 产品制作

9.2.5.1 数据集

光学与 SAR 遥感数据集为 Tiff 格式,文件命名参考遥感监测产品命名规则,数据内容包括头文件和数据。

9.2.5.2 专题图

专题图存储为通用标准 jpg 或 bmp 格式。利用地理信息系统软件导入风暴潮漫滩范围信息、叠加基础地理信息要素,图幅整饰后导出风暴潮漫滩专题图。专题图要求给出专题图名称、专题要素图式图例、卫星数据来源、卫星成像时间、坐标系、比例尺、经纬度。

9.3 海雾

9.3.1 卫星数据要求与预处理

采用的海雾遥感监测数据源来自极轨卫星平台和静止轨道卫星平台。

数据要求如下。

- a) 由卫星探测仪器接收的遥感监测数据应经过规范的卫星数据预处理,采用卫星轨道数据预处理后的 L1B 级数据,以 HDF 格式存储,包含地面观测点经纬度、卫星观测时间、观测的反射率

和等效亮温等信息。

- b) 极轨卫星观测一天两次：白天和夜晚各一次；静止卫星观测频次达每小时一次。
- c) 使用的观测波长、波段均为上述卫星探测仪器所完全或部分持有。

9.3.2 观测方法和数据处理

9.3.2.1 白天海雾的识别

对于极轨卫星，例如 HY1，探测仪器包含多个可见光、近红外、短波红外通道、中红外和热红外通道。对于静止卫星，例如 FY2、MTSAT，探测仪器包含 1 个可见光、短波红外和 2 个热红外通道。白天海雾灾害的监测判别算法见 A.8。

9.3.2.2 夜晚海雾的识别

对于极轨卫星，例如 HY1，采用探测仪器上的 1 个短波红外通道和 2 个热红外通道，主要是根据海雾在短波红外与热红外通道辐射亮温差的独特特性，结合雾顶亮温图像分布特征进行监测识别。夜晚海雾灾害的监测判别算法见 A.9。

9.3.3 真实性检验

9.3.3.1 现场实测

以岸基、岛屿和船只等为平台，测量海面气象能见度。测量方法按照 GB/T 35223—2017 的规定进行。

9.3.3.2 检验分析

采用不同方法进行检验：

- a) 以多个岸基、岛屿和船只等平台测量的海面气象能见度为实测数据，根据海雾定义，利用能见度小于 1 km 的测量站点数据，对卫星监测结果进行单点和多点检验；
- b) 以沿海站点的探空资料为测量数据，根据海雾发生时近地面层的温湿廓线分布判断逆温层结的存在，对卫星监测结果进行单点或多点分析检验；
- c) 通过相近时段内，不同卫星的监测结果相互辅助比对检验，并对监测结果进行质量控制。

9.3.4 产品制作

9.3.4.1 数据集

数据集为 HDF 格式，文件命名(SAT_YYYYMMDDHHMM_2B_FOG.HDF)，数据内容包括头文件说明和数据。头文件说明包括卫星名称、传感器名称、产品名称、制作单位、海雾产品投影方式、最大/最小经纬度、经向和纬向分辨率、行列数等信息，数据包含分辨单元的经纬度、时间、海雾产品标识等信息。

9.3.4.2 专题图

专题图存储为通用标准 BMP 格式。包括单时次监测产品专题图和多时次监测合成专题图。单时次监测产品专题图，文件命名形式为 SAT_YYYYMMDDHHMM_2B_FOG.BMP，图中标注海雾产品的空间分辨率、海雾标识色标、卫星名称、传感器名称、时间和单位等信息。多时次监测合成专题图，文件命名形式为 SAT_YYYYMMDDHHMMTOYYYYMMDDHHMM_3A_FOG.BMP，利用软件绘制多时次监测合成分布图，并添加标题，图中标注卫星、传感器、陆地掩膜、海雾标识色标、时间范围、经纬度坐标、单位等信息。

附 录 A
(资料性)
遥感反演参考算法

A.1 多通道海表温度反演算法

分裂窗方法是到目前为止应用最广泛的地表面温度反演方法。由 McMillin 于 1975 年针对 NOAA 的两个热红外分裂窗通道首次提出,是比较成熟的 SST 反演方法。原理是利用热红外谱段大气窗口两分裂窗通道对大气水汽吸收的差异性建立线性或非线性方程组,以部分的剔除大气影响而反演真实温度。

常用多通道分裂窗算法反演海洋表面温度的算法模式见式(A.1):

$$\text{SST} = c_1 + c_2 \times T_1 + c_3 \times (T_1 - T_2) + c_4 \times (\sec\theta - 1) \times (T_1 - T_2) \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

式中:

T_1, T_2 ——波段的亮温;

θ ——卫星天顶角;

c_1, c_2, c_3, c_4 ——回归系数。

A.2 Shepard 插值算法

在球面坐标系 (φ, λ) 中,已知沿轨迹离散点的坐标 (φ_i, λ_i) 以及该点的有效波高 f_i ($i=1, 2, \dots, N$)。内插的网格点为 (φ, λ) , 其有效波高为 $f(\varphi, \lambda)$, 拟合函数表示为 $z = F(\varphi, \lambda)$ 。权函数见式(A.2):

$$\varphi(r) = \begin{cases} \frac{1}{r} & 0 < r \leq \frac{R}{3} \\ \frac{27}{4R} \left(\frac{r}{R} - 1\right)^2 & \frac{R}{3} < r \leq R \\ 0 & r > R \end{cases} \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

其中,

$$r = 2R' \sin\left(\frac{\psi}{2}\right)$$

$$\sin^2\left(\frac{\psi}{2}\right) = \sin^2\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right) + \sin^2\left(\frac{1}{2}\Delta\lambda \cos\varphi_p \cos\varphi_q\right)$$

式中:

R ——拟合半径;

R' ——平均地球半径;

ψ ——计算点 P 和流动点 Q 之间的球面距离。

则拟合函数的表达式见式(A.3):

$$z = F(\varphi, \lambda) = \begin{cases} \frac{\sum_{i=1}^N f_i \varphi^u(r_i)}{\sum_{i=1}^N \varphi^u(r_i)} & r_i \neq 0 \\ f_i & r_i = 0 \end{cases} \dots\dots\dots (\text{A.3})$$

式中:

N ——拟合点点数;

u ——拟合因子,通常取值 1 和 2。

A.3 海面动力高度计算

海面动力高度计算公式可表示为式(A.4):

$$\begin{aligned} H_d(k) = & \text{Altitude}(k) - \text{Range}(k) + [\text{Iono}(k) + \text{Wet}(k) \\ & + \text{Dry}(k) + \text{SSB}(k) + \text{IB}(k) + \text{hf_fluctuations_corr}(k)] \\ & - [\text{ocean_tide}(k) + \text{solid_earth_tide}(k) + \text{pole_tide}(k)] \\ & - \text{Geoid}(k) \end{aligned} \quad \dots\dots (A.4)$$

式中:

Altitude、Range ——分别为雷达高度计高度、测距大小;

Iono、Wet、Dry、SSB、IB 和 hf_fluctuations_corr ——分别为电离层延迟误差校正、大气对流层延迟误差湿分量校正、大气对流层延迟误差干分量校正、海况偏差校正、逆压校正和风速高频振荡校正;

ocean_tide、solid_earth_tide、pole_tide ——分别为海洋潮汐、固体地球潮汐和极潮。

A.4 地转流计算

地转流是相对海洋密度分布的海流,它由海洋中科氏力和压力梯度之间的平衡而确定,其计算公式如式(A.5)和式(A.6):

$$fu = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

$$fv = \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

u ——海流流速的东分量;

v ——海流流速的北分量;

ρ ——海水密度;

P ——压强;

f ——科氏参量, $f = 2\Omega \sin\varphi$, Ω 为地球自转速度 7.272×10^{-5} rad/s, φ 为地理纬度。

使用雷达高度计测量的海面高度计算海洋表层地转流,地转流公式转换为式(A.7)和式(A.8):

$$fu = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

$$fv = g \frac{\partial \zeta}{\partial x} \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

式中:

ζ ——海面动力高度;

g ——当地重力加速度。

在赤道上,由于 $y=0$,以上海流分量 u 计算公式是不确定的,需引入 β 平面计算赤道上的海流。计算公式如式(A.9):

$$\beta u = -g\zeta_{yy} \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

式中:

β ——常数,取值 $2 \times 10^{-13} \text{ cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$;

ζ_{yy} ——海面动力高度 y 方向的二阶偏导数。

A.5 风场反演算法

A.5.1 散射计反演风场原理

卫星散射计是一种经过定标的雷达,它向海面主动发射电磁波,并接收经过海面调制的回波信号。雷达回波信号将由发射信号以及海面特征共同决定。当海浪波长与雷达发射电磁波波长满足布拉格散射条件时,各波面产生的后向散射电磁波相位相同,从而产生共振,回波能量将主要由产生共振的电磁波决定。在微波散射计的工作频率下,满足布拉格谐振条件的海面波为海表毛细波,海洋表面毛细波的谱密度与海洋表面上的风速直接相关。因此,通过雷达测得的回波信号可获取海面风场的信息。通过对雷达回波信号的处理,可得出仅与海面情况有关的归一化后向散射系数(NRCS,或 σ_0),从散射计测得的 σ_0 可进一步提取出海面风场,海面风场的信息提取过程称为风矢量反演。

从散射计测得的海面后向散射系数反演海面风矢量需要解决三个方面的问题:建立地球物理模型,风矢量求解算法,模糊解去除算法。

地球物理模型函数描述海面风矢量与雷达后向散射系数之间的关系。地球物理模型函数的一般形式如式(A.10):

$$\sigma_0 = F(V, \chi, \dots, f, p, \theta) \quad \dots\dots\dots (A.10)$$

式中:

σ_0 ——海面对应的后向散射系数;

V ——风速;

χ ——风向的相对方位角,单位为度($^\circ$);

f ——散射计的工作频率;

p ——极化方式;

θ ——天线的入射角。

风矢量求解算法主要是通过地球物理模型函数以及海面风矢量面元的不同方位角的 NRCS 观测值获得海面的风矢量解。由于地球物理模型的双余弦分布特征非线性特征,对风矢量的求解不能通过将后向散射系数直接代入地球物理模型的方式直接求得。通常的求解算法采用最大似然求解算法,寻找使式(A.11)所示目标函数得局部最大值的风矢量,即模糊解,并将模糊解按其对应的最大似然值大小排序。

$$J = - \sum_{i=1}^N \frac{[\sigma_{oi} - \sigma_m(V, \chi_i)]^2}{\text{Var}(\sigma_m)_i} + \ln [\text{Var}(\sigma_m)_i] \quad \dots\dots\dots (A.11)$$

式中:

σ_{oi} ——散射计实际测得的后向散射系数;

σ_m ——模型预测的对应风速为 V , 相对风向为 χ 时的后向散射系数;

N ——用于风矢量反演后向散射系数测量结果的总数。

由于地球物理模型函数本身的双余弦分布特征以及散射计的各种测量噪声的影响,求解算法一般会获得多个风矢量解(即模糊解)。风向多解消除就是从一系列的多解风矢量中选出与真实风矢量最为接近的风矢量解。

经过风向模糊排除处理,得到了每个测量点上具有唯一大小和方向的风矢量场,进一步处理这样的风矢量场,就可以得到能直接用于气象和海洋模型研究及海面风场信息分析的风场。

A.5.2 SAR 反演风场原理

海面后向散射系数受到相对风向的调制作用,对于同一风场单元,不同的雷达观测方位角将得到不同的后向散射系数,逆风时最大,顺风时稍小,垂直于风向观测时最小,这种变化关系可以通过式(A.12)描述(Moore,1979):

$$\sigma_0 = A + B\cos\phi + C\cos 2\phi \quad \dots\dots\dots (A.12)$$

式中:

σ_0 ——后向散射系数,随相对风向 ϕ 的变化;
 $A、B、C$ ——雷达入射角、风速和极化方式的函数。

合成孔径雷达风场反演一般需要风向信息作为初始场,对于某一风场单元而言,辐射定标可以获得该风场单元的 NRCS,而观测方位角和入射角都已知,此时待求的就只剩风速。如图所示,相对风向和入射角已知, NRCS 随风速单调增加,图 A.1 中虚箭头线表示了不同风速下的模型值,将风场单元的 NRCS 与模型值作对比,最接近观测值的模型值对应的风速即为所求。

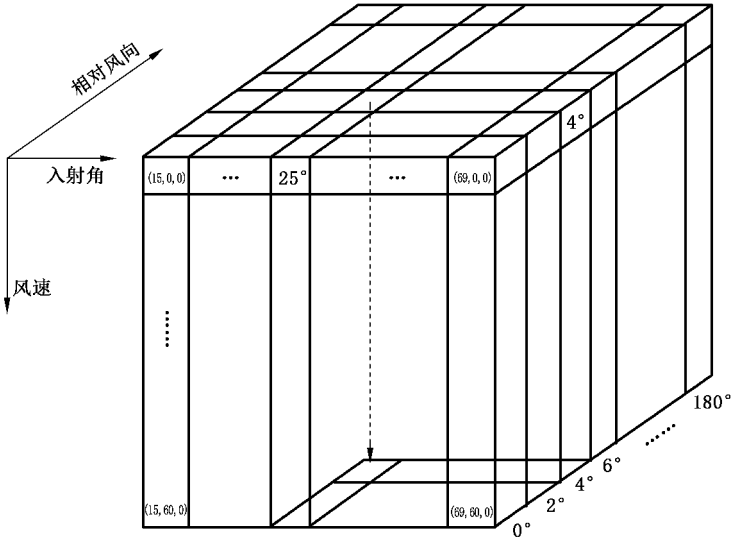


图 A.1 相对风向和入射角已知后,沿虚箭头线方向寻找风速反演结果

A.6 大气水汽含量反演算法

微波辐射计大气水汽含量反演采用多元线性回归算法,可表示为式(A.13):

$$P_j = \Re \left[c_{0j} + \sum_{i=1}^I c_{ij} \Im(T_{Bi}) \right] \quad \dots\dots\dots (A.13)$$

式中:

\Re, \Im ——线性函数;
 c_{0j} ——反演系数,下标 i 代表辐射计的通道,下标 j 代表要反演的参数;
 P_j ——大气水汽含量;
 T_B ——各通道的观测亮温。对于微波辐射计,各通道亮温带入进行计算时,用式(A.14)和式(A.15)的线性函数计算:

$$\Im(T_B) = T_B \quad \nu \leq 10.7 \text{ GHz} \quad \dots\dots\dots (A.14)$$

$$\Im(T_B) = -\ln(290 - T_B) \quad \nu > 10.7 \text{ GHz} \quad \dots\dots\dots (A.15)$$

A.7 无线电探空数据处理流程

利用探空气球搭载无线电探空仪测量大气层水气压和温度廓线,每条廓线至少包含 8 层有效观测,

同时最大有效观测高度差小于 3 km,最顶层水气压小于 0.5 hPa。考虑到观测站高度与海平面的高度差引起的温度和湿度观测缺失,可采用外插法以 10 m 步长将廓线数据由观测站点高度插值至海平面高度。同时将廓线最顶层的观测数据采用同样的外插方法插值至 50 km,大约平流层顶的高度,步长采用 1 km。温度认为是随高度呈线性变化,对温度廓线在站点高度至海平面和最高有效观测高度至平流层顶的插值采用线性外插,插值公式如式(A.16):

$$T_h = T_0 + a \cdot (h - h_0) \quad \dots\dots\dots (A.16)$$

式中:

T_0 ——起始高度气温;

a ——外插系数,由每个站点的所有数据通过拟合获得;

h_0 ——插值高度与起始高度的差值。

气压和水汽压随高度呈指数减小,采用指数衰减方式对气压和水气压进行外插,插值公式如式(A.17):

$$P_h = P_0 \cdot \exp[a \cdot (h - h_0)] \quad \dots\dots\dots (A.17)$$

式中:

P_0 ——起始高度气压或水气压;

a ——外插系数,由每个站点的所有数据通过拟合获得;

h_0 ——插值高度与起始高度的差值。

由水气压根据式(A.18)计算水汽密度:

$$\text{Rho} = \text{vapress} \times 100 / (461.52 \times \text{temperature}) \quad \dots\dots\dots (A.18)$$

式中:

vapress ——水气压,单位为百帕(hPa);

temperature ——气温,单位为开(K);

Rho ——水汽密度,单位为千克每立方米(kg/m^3)。

通过对分层水汽密度在整个廓线上的积分得到大气水汽总量 V [见式(A.19)]。

$$V = \int_0^H \rho(h) dh \quad \dots\dots\dots (A.19)$$

大气水汽含量均方根误差按式(A.20)计算:

$$V_{\text{rmse}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (V_{\text{Si}} - V_{\text{Ri}})^2}{N}} \quad \dots\dots\dots (A.20)$$

式中:

V_{rmse} ——大气水汽含量均方根误差;

V_{Si} ——卫星观测数据;

V_{Ri} ——探空气球观测数据。

探空气球探测准确度:

温度 0.5 °C,相对湿度 5%,压力 1 hPa(1 080 hPa~100 hPa)、0.6 hPa(100 hPa~3 hPa),风速 0.15 m/s。

A.8 白天海雾识别方法

白天海雾识别步骤:

- 以可见光通道观测反射率进行动态阈值分析消除低反射率晴空海区和高反射率太阳耀斑区;
- 由冰云、水云系在不同波段的吸收差异,通过通道观测亮温进行云位相判别;
- 不同粒径云雾在可见光、近红外短波和近红外长波通道反射率关系消除大粒径云系;
- 对可见光通道反射率图像利用计盒分形维数分析云雾区空间差异消除云顶粗糙起伏大的中低层云系;

- e) 热红外通道观测亮温估算云顶高度消除低层云系；
- f) 对上述各特征判断引起的海雾区域内部麻点及雾边界漏判点区域,通过可见光通道反射率再判断进行漏点修补。

A.9 夜晚海雾识别方法

夜晚海雾识别步骤:

- a) 以热红外通道观测亮温进行动态阈值分析消除高冷云系；
- b) 短波红外和热红外通道亮温差进行判断消除高层云系；
- c) 对热红外通道亮温图像利用计盒分形维数分析云雾区空间差异消除云顶粗糙起伏大的中低层云系；
- d) 热红外通道亮温估算云顶高度以消除低层云系；
- e) 对上述各特征判断引起的海雾区内部麻点及雾边界漏判点区域,通过热红外通道亮温再判断进行漏点修补。

附录 B
(规范性)
海冰分类与专题图制作

B.1 海冰密集度(参照 WMO 标准)

将海冰密集度分为 10 成,0 表示观测区域内无冰,10 表示观测区域内 100%覆盖浮冰,不同海冰密集度分布图分别如图 B.1。

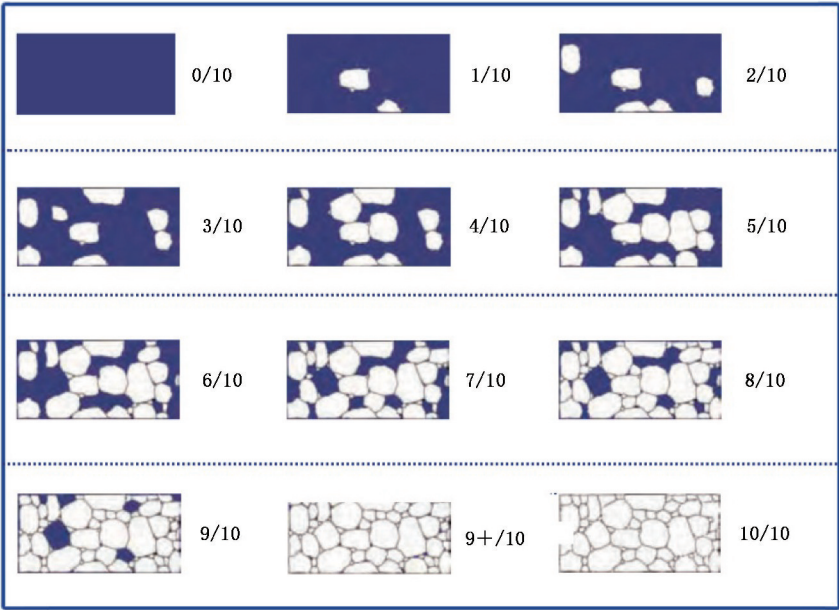


图 B.1 海冰密集度分布图

B.2 海冰类型

图 B.2 给出了光学影像海冰类型示例图。图 B.3 给出了雷达影像海冰类型示例图。

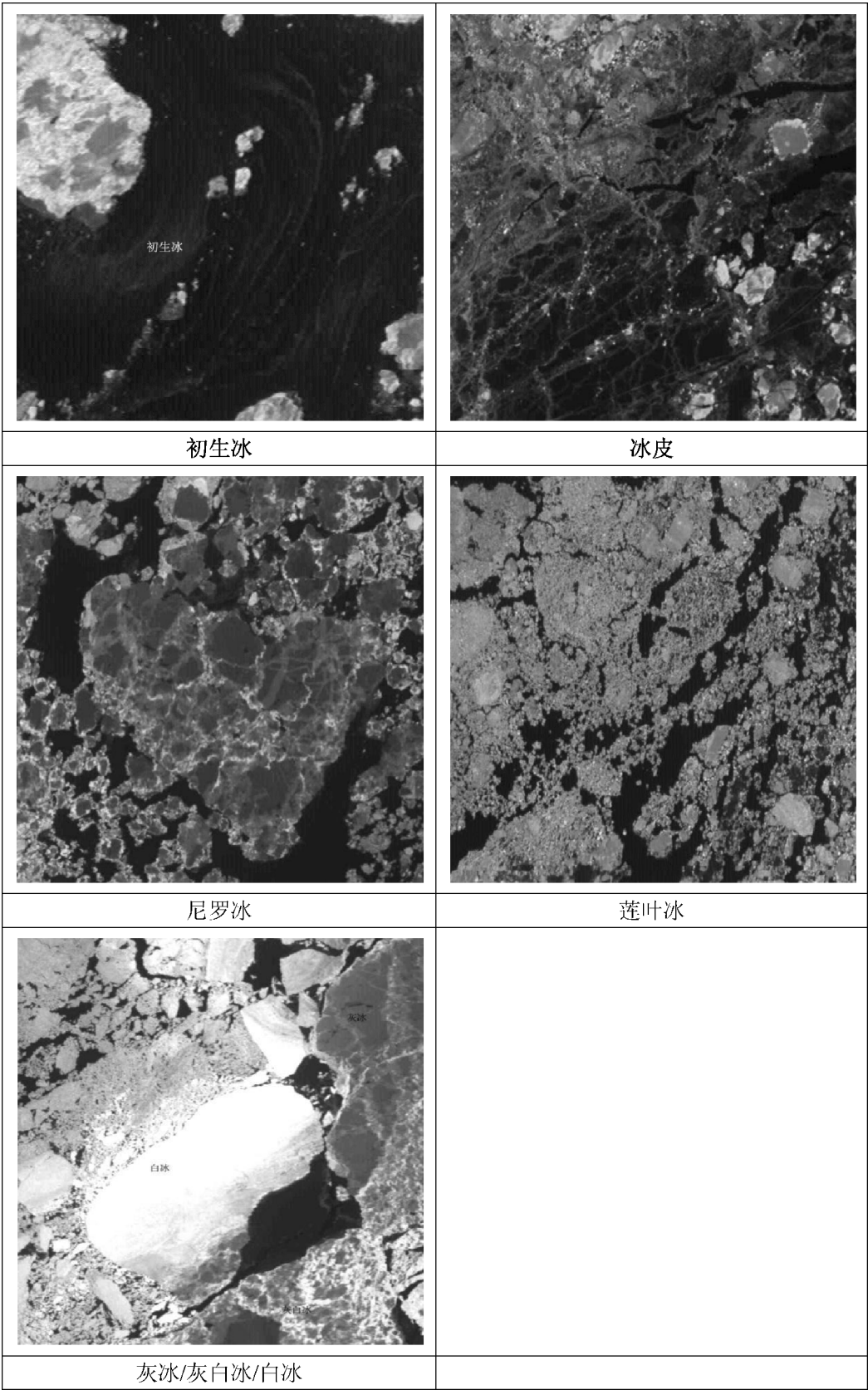


图 B.2 光学影像海冰类型图

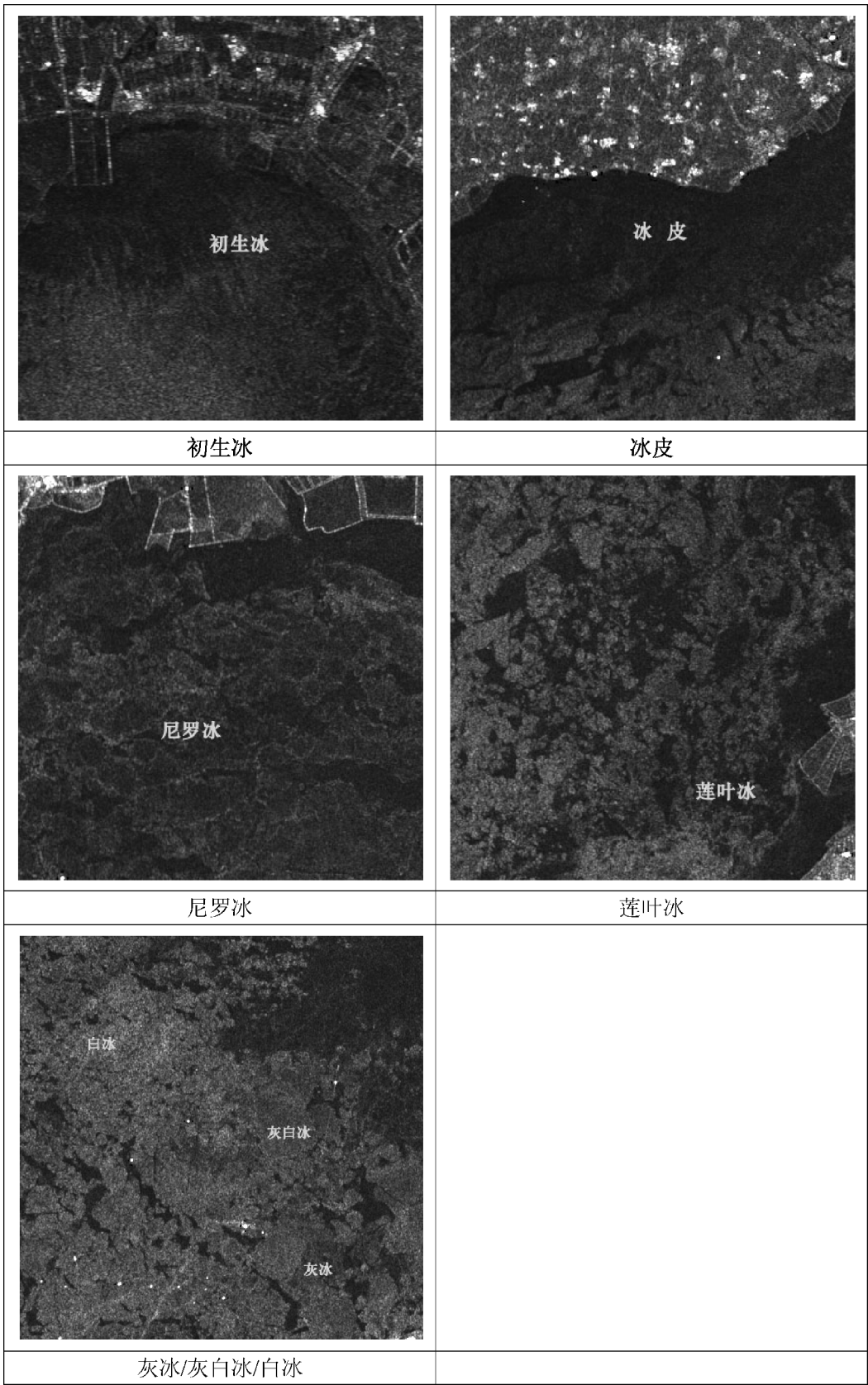


图 B.3 雷达影像海冰类型图

表 B.1 和表 B.2 分别给出了海冰发展阶段编码表和海水尺度编码表。

表 B.1 海冰发展阶段编码表(S)

序号	浮冰类型	厚度	特征	冰情图编码
1	初生冰(新冰)	<10 cm	由海水直接冻结或雪降至低温海面未被融化而生成的,多呈针状、薄片状、油脂状或海绵状	1
2	冰皮	<10 cm	由初生冰冻结或在平静海面上直接冻结而成的冰壳层,表面平滑、湿润而有光泽,厚度 5 cm 左右,能随风起伏,易被风浪折碎	2
3	尼罗冰	<10 cm	厚度小于 10 cm 的有弹性的薄冰壳层,表面无光泽,在波浪和外力作用下易于弯曲和破碎,并能产生“指状”重叠现象	
4	莲叶冰	<10 cm	圆形冰块,由于彼此互相碰撞而具有隆起的边缘,它可由初生冰冻结而成,也可由冰皮或尼罗冰破碎而成	
5	初期冰	10 cm~30 cm	包括灰冰和灰白冰	3
6	灰冰	10 cm~15 cm	由尼罗冰发展而成,表面平坦湿润,多呈灰色,比尼罗冰弹性小,易被涌浪折断,受到挤压时多发生重叠	4
7	灰白冰	15 cm~30 cm	由灰冰发展而成,表面比较粗糙,呈灰白色,受到挤压时大多形成冰脊	5
8	白冰(一年冰)	>30 cm	由灰白冰发展而成,表面粗糙,多呈白色	6

表 B.2 海冰尺度编码表(F)

序号	浮冰类型	浮冰宽度	冰情图编码
1	碎冰、小块状冰	<2 m	1
2	冰块	2 m~20 m	2
3	小尺度浮冰	20 m~100 m	3
4	中尺度浮冰	100 m~500 m	4
5	大尺度浮冰	500 m~2 000 m	5
6	更大尺度浮冰	2 km~10 km	6
7	巨型浮冰	>10 km	7
8	固定冰		8
9	无法确定		X

参 考 文 献

- [1] GB/T 12763.2—2007 海洋调查规范 第2部分:海洋水文观测
 - [2] GB/T 12763.3—2007 海洋调查规范 第3部分:海洋气象观测
 - [3] GB/T 19721.2—2005 海洋预报和警报发布 第2部分:海浪预报和警报发布
 - [4] GB/T 19721.3—2017 海洋预报和警报发布 第3部分:海冰预报和警报发布
 - [5] HY/T 147.7—2013 海洋监测技术规程 第7部分:卫星遥感技术方法
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准

海洋观测规范

第 5 部分：卫星遥感观测

GB/T 14914.5—2021

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址: www.spc.org.cn

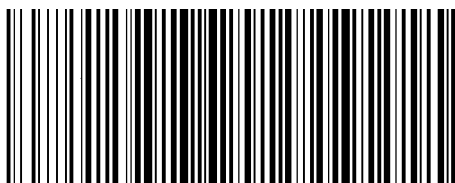
服务热线: 400-168-0010

2021 年 12 月第一版

*

书号: 155066 · 1-69325

版权专有 侵权必究



GB/T 14914.5—2021



码上扫一扫 正版服务到